

УДК 656.073.44.

А.М.Берестовой

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТРАНСПОРТА ЗАТВЕРДЕВАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Транспорт затвердевающих жидкостей (ТЗЖ) представляет собой сложную управляемую технико-экономическую систему, имеющую многовариантный характер, обусловленный агрегатным состоянием, при котором перевозится затвердевающая жидкость (ЗЖ) в транспортном средстве.

В свою очередь каждому агрегатному состоянию, соответствует определенное множество вариантов осуществления перевозочного процесса. Особенно это характерно для варианта перевозки ЗЖ в состоянии расплава в зависимости от имеющихся типов подвижного состава и техники экономических возможностей поставщиков и получателей грузов. Осуществление перевозок ЗЖ в жидком состоянии с высокой температурой **может быть реализовано одним  $k_i$  способом из определенного множества вариантов  $K=\{k_i\}$ , рис. 1.**

В каждом варианте на этапах его исполнения предусматриваются определенные операции с жидкостью или с транспортным средством. Операций задействуют энерго-материало-капиталоемкие инженерные сооружения и специальные устройства: склады-хранилища с термоизоляцией и обогревающими устройствами для поддержания жидкости при определенной температуре; погрузо-разгрузочные устройства с обогреваемыми трубопроводами, имеющими сложные по конструкции шарнирные узлы, обеспечивающие в условиях затвердевания жидкости гибкое ориентированное подсоединение к передвижным транспортным средствам материалопроводов с высокотемпературной жидкостью; специализированные теплоизолированные термоцистерны с системами подогрева груза, его налива и слива, а также устройствами, обеспечивающими безопасность работы с жидкостью в условиях высоких температур и повышенных внутрикотловых давлений жидкости и газа при перегрузке и перевозке; пунктов по Обслуживанию и ремонту спеццистерн и т.п.

Выбор конкретного варианта ТЗЖ осуществляется оценкой экономической эффективности вариантов на основе технико-экономических расчетов. Количество вариантов в данном случае будет небольшим, что позволяет применять модели многокритериального выбора.

Для оценки экономической эффективности варианта ТЗЖ разобьем технологическую цепочку варианта на этапы. Результат прохождения **очередного этапа назовем событием  $s_i$ . Каждое событие характеризует достижение грузом определенного состояния применительно к технологии транспорта. Все множество событий назовем пространством событий  $S=\{s_i\}$ .** Каждый вариант перевозки состоит из строгой последовательности, определенных событий, взятых из пространства событий. Среди них выделим такие, которые возникают при любом варианте ТЗЖ. Это начальные и конечные события, а также события, характеризующие прохождение определенных общих этапов для каждого способа перевозки.

Начальным событием при анализе ТЗЖ является: "Груз произведен", а конечным- "Порожние транспортные средства возвращены грузоотправителю".

Общим для любого способа транспорта являются события: "Транспорт загружен", "Груз отправлен", "Груз в пути", "Груз получен", "Груз разгружен" и "Транспортное средство порожнее отправлено".

Все остальные события имеют следующие особенности:

- 1) Событие может наступать или не наступать в зависимости от способа перевозки.

- 2) Каждое событие происходит только в случае наступления определенных событий в прошлом.
- 3) События оказывают влияние в будущее.

Действие над ЗЖ, которое переводит ее из одного состояния в другое, в результате чего наступает новое событие, назовем элементарным оператором  $f_i$ . Каждый оператор имеет область определения - подмножество пространства событий, к которым он применим. Все элементарные операторы объединены во множество  $\Phi = \{f_i\}$ .

Элементарные операторы соответствуют определенным транспортно-технологическим действиям. Каждый оператор имеет группу параметров, характеризующих это действие. Параметры определяются отдельно в каждом конкретном случае в соответствии с целью и задачей исследования. Они являются теми критериями по которым будут оценены варианты, например эксплуатационные, энергетические, трудовые затраты, капитальные вложения, затраты времени, экологические показатели.

Результатом действия элементарного оператора  $f_j$  является событие  $s_i$ , которое наступает из события  $s_{i-1}$ .

$$s_i = s_{i-1} f_j$$

К событию  $s_i$  так же могут быть применены другие элементарные операторы, в область определения которых входит событие  $s_i$ .

В итоге для каждого варианта на основе выбора из множества  $\Phi$  элементарных операторов, образуется определенная последовательность элементарных операторов которую назовем вариантным оператором  $F$ .

$$F = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}\}$$

Применим к некоторому событию  $s$  последовательно элементарные операторы из вариантного оператора  $F$ , в результате чего наступит определенное событие  $s'$ :

$$s' = (\dots((s f_{i1}) f_{i2}) \dots) f_{in}$$

Это эквивалентно записи:  $s' = sF$ .

Оператор  $F$  переводит в конкретном ТЗЖ от одного события к другому не непосредственно, а последовательно проходя через определенные события-вехи.

Обозначим через  $s_0$  начальное событие, а через  $S_F \subset S$  - подмножество финальных событий пространства ситуаций.

Если для некоторого оператора  $F$  выполняется условие  $s = s_0 F$ , где  $s \in S_F$ , то оператор  $F$  считается целевым для варианта, переводящим от начального к финальному событию.

Таких целевых вариантных операторов  $F_i$  может быть определенное ограниченное множество, которое обозначим через  $Z = \{F_i\}$ , часть из которых позволяет перевести систему по траектории развития из начального состояния в конечное (финальное событие) с минимальными затратами. Эту группу операторов назовем минимальными операторами, составляющими подмножество

$$Z_{\min} = \{F_{i \min}\}, \text{ при } Z_{\min} \subset Z.$$

Множество минимальных целевых операторов является решением в задаче о выборе оптимальной технологии транспорта.

Графически множество вариантов транспорта представляется в виде дерева. Вершинами принимаются события из пространства событий, а ребрами - элементарные операторы. Корнем дерева берется начальное состояние груза, а окончательными вершинами - подмножество финальных событий. Продвигаясь по ребрам дерева от корня к окончательным вершинам "считываются" целевые вариантные операторы.

Графическое представление задачи в виде дерева однозначно соответствует аналитическому представлению, данному выше.

Принятие решения по выбору оптимального варианта ТЗЖ сводится к нахождению множества минимальных целевых операторов.

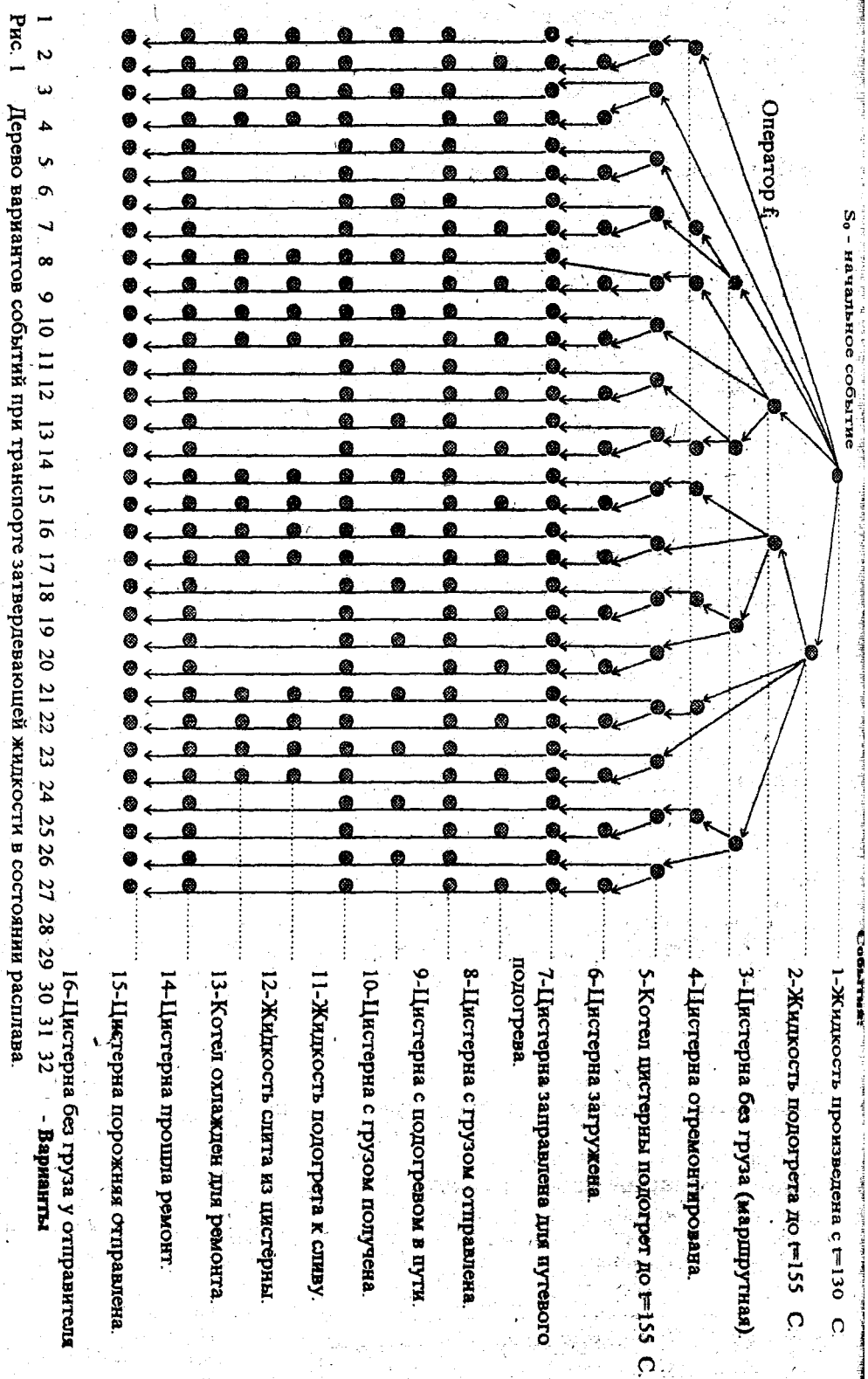


Рис. 1 Дерево вариантов событий при транспорте затвердевающей жидкости в состоянии распада.

Минимальные целевые операторы находятся полным перебором вариантов. Обобщающие значения параметров по вариантам вычисляются суммированием параметров элементарных операторов, входящих в рассматриваемый целевой оператор. На основании сравнения полученных сумм выбирается оптимальный вариант.

Полученный оптимальный вариант берется за основу для использования и совершенствования.

Непрерывное развитие науки и техники ведет к появлению конструктивных и технологических новшеств, которые изменяют базовый вариант. Для оценки их рациональности введем понятие условной мощности варианта. Под условной мощностью варианта ТЗЖ подразумевается некоторый показатель или группа показателей, характеризующих данный вариант с какой-либо стороны.

Конкретные показатели выбираются в зависимости от цели и направлений исследования. Это могут быть экономические, социальные, экологические и другие показатели эффективности работы системы.

Мощность базового варианта обозначим через  $U_0$ , а всех его последующих изменений -  $U_i$  для  $i$ -ой модификации варианта. Разработка и введение в действие нового варианта ТЗЖ требует определенных капиталовложений. Обозначим их через  $c_i$  для  $i$ -го варианта. Дополнительные вложения для внедрения нового варианта по сравнению с поддержкой старого составят

$$\Delta c_i = c_i - c_{i-1}.$$

Приемлемость нового варианта обуславливается выполнением двух условий. Первое условие заключается в том, что дополнительные капиталовложения должны вести к приросту мощности, то есть если  $\Delta c_i \geq 0$ , то и  $U_i - U_{i-1} > 0$ .

Экономическим противовесом прироста необходимых капиталовложений является снижение эксплуатационных расходов за счет повышения мощности, то есть за счет более совершенной и экономичной технологии транспортного процесса.

Представим мощность варианта как функцию от капиталовложений на его создание

$$U_i = f(c_i), \quad (1)$$

а эксплуатационные расходы как функцию от мощности варианта

$$\Xi_i = \varphi(U_i). \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2) получаем зависимость эксплуатационных расходов от капиталовложений.

$$\Xi_i = \varphi[f(c_i)] \quad (3)$$

Вторым условием экономической эффективности капиталовложений на создание нового варианта ТЗЖ является снижение эксплуатационных расходов при приросте капвложений. Для этого найдем точку экстремума (минимума) функции (3) путем нахождения ее производной:

$$\Xi'_i = \varphi'[f(c_i)] f'(c_i)$$

Вариант приемлем только в том случае, если  $\Xi'_i$  имеет отрицательные значения, то есть эксплуатационные расходы снижаются. Оптимальными, имеющими наибольшее снижение эксплуатационных расходов, принимаются капиталовложения в точке минимума функции (3).

На основании разработанной модели выбора рационального варианта транспорта затвердевающей жидкости и предложенного экономико-математического метода исследования эффективности дальнейших усовершенствований варианта ТЗЖ представляется возможным сравнить имеющиеся варианты, задать направления их развития и оценить перспективные.